

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AF

(11)Publication number : 2002-270949

(43)Date of publication of application : 20.09.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/065

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 2001-069314

(71)Applicant : ATR ADAPTIVE COMMUNICATIONS RES
LAB

(22)Date of filing : 12.03.2001

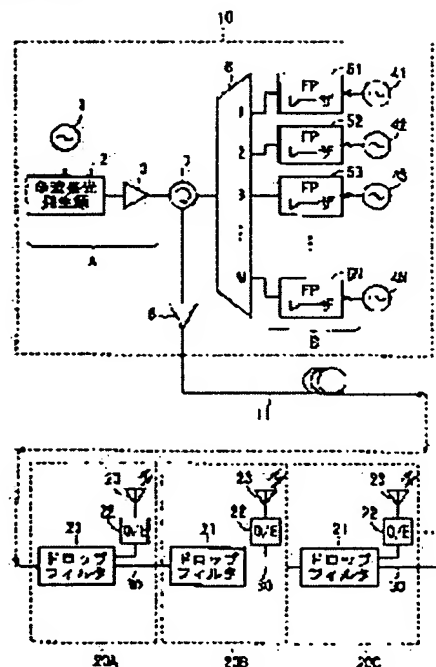
(72)Inventor : OGUSU MASAHIRO
INAGAKI KEIZO

(54) OPTICAL WAVELENGTH SPLITTING MULTIPLE SIGNAL GENERATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength splitting multiple signal generator which can generate an optical wavelength splitting multiple signal at a low cost with a simple structure.

SOLUTION: A multiple wavelength light producing source 2 produces a multiple wavelength light having a plurality of wavelengths according to a reference signal. Data generating sources 41, 42, 43,..., 4N drive a plurality of FP lasers 51, 52, 53,..., 5N according to a data signal. An optical circulator 7 inputs the multiple wavelength light to an optical multiplexing/branching device 6. The optical multiplexing/branching device 6 branches the inputted multiple wavelength light to every adjacent two-mode light and injects it to the plurality of FP lasers 51, 52, 53,..., 5N. The two-mode light is selected and amplified by the synchronization of injection to them and it is inputted again to the device 6. A plurality of two-mode lights are subject to wavelength splitting multiplexing in the device 6. An optical signal that is processed by the wavelength splitting multiplexing is picked up from the device 6 by the optical circulator 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of
rejection][Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-270949

(P2002-270949A)

(43) 公開日 平成14年9月20日 (2002.9.20)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト^{*} (参考)

H 0 1 S 5/065

H 0 1 S 5/065

5 F 0 7 3

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E 5 K 0 0 2

14/02

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-69314(P2001-69314)

(22) 出願日 平成13年3月12日 (2001.3.12)

(71) 出願人 396011680

株式会社エィ・ティ・アール環境適応通信
研究所

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(72) 発明者 小楠 正大

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

株式会社エィ・ティ・アール環境適応通信
研究所内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

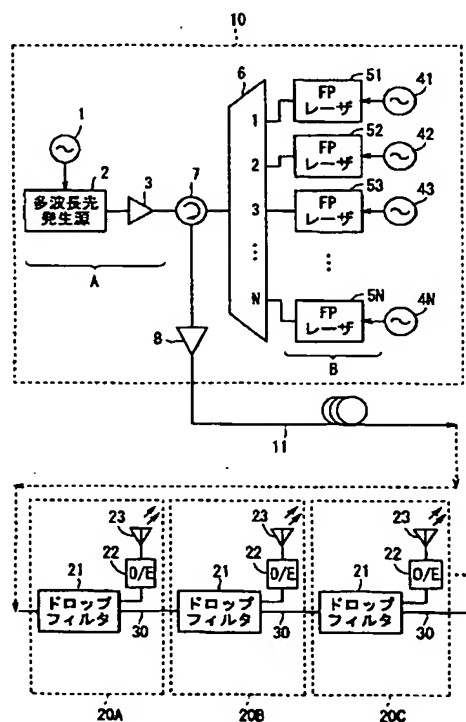
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長分割多重信号発生装置

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成および低コストで光波長分割多重信号を発生することができる光波長分割多重信号発生装置を提供することである。

【解決手段】 多波長光発生源2は基準信号に基づいて複数の波長を有する多波長光を発生する。データ発生源41, 42, 43, ..., 4Nはデータ信号に基づいて複数のFPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nを駆動する。光サーキュレータ7は多波長光を光合分波器6に入力する。光合分波器6は入力された多波長光を隣接する各2モード光に分波し、複数のFPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nに注入する。複数のFPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nの注入同期により各2モード光が選択および増幅され、光合分波器6に再入力される。光合分波器6において複数の2モード光が波長分割多重化される。光サーキュレータ7により光合分波器6から波長分割多重化された光信号が取り出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の周波数間隔を有する複数モード光を発生する第1の光源と、

複数のファブリ・ペローレーザからなる第2の光源と、データ信号に基づいて前記複数のファブリ・ペローレーザを駆動する駆動手段と、

前記第1の光源により発生された複数モード光を受け、前記複数モード光を複数対の2モード光に分波して前記複数のファブリ・ペローレーザにそれぞれ注入するとともに、前記複数のファブリ・ペローレーザの注入同期により得られた複数対の2モード光を再入力して波長分割多重化する光合分波器と、

前記光合分波器により波長分割多重化された光信号を取り出す光出力手段とを備えたことを特徴とする光波長分割多重信号発生装置。

【請求項2】 前記第1の光源は、モード同期レーザ、または単一モードレーザと外部変調器との組み合わせにより構成されることを特徴とする請求項1記載の光波長分割多重信号発生装置。

【請求項3】 前記光出力手段は、光サーキュレータからなることを特徴とする請求項1または2記載の光波長分割多重信号発生装置。

【請求項4】 前記駆動手段は、前記複数のファブリ・ペローレーザにデータ信号をそれぞれ与える信号発生源からなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光波長分割多重信号発生装置。

【請求項5】 前記複数モード光の周波数間隔は所定のミリ波搬送波周波数に等しいことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光波長分割多重信号発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長分割多重方式を用いて光波長分割多重信号を発生する光波長分割多重信号発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバを用いたミリ波伝送システムは、高容量無線ネットワークを構築するために期待されている。このようなミリ波伝送システムにおいては、光ミリ波信号発生源が重要な要素となる。この光ミリ波信号発生源においては、光波がミリ波信号により変調される。近年、光ファイバを用いたミリ波伝送システムに光波長分割多重(WDM)を適用する試みがなされている。

【0003】Electronics Letters Vol.32 pp. 2158-2159 (1996), "60 GHz band millimeter-wave signal generation and transport over optical frequency divisionmultiplexing network" には、光発生および光周波数分割多重(OFDM)伝送システムが開示されている。

【0004】また、OFC'98 (Optical Fiber Communication Conference) Vol.2 OSA Technical Digest Series

(Optical Society of America, Washington D.C. 1998) TuC5, "A millimeter-wave full-duplex WDM/SCM fiber-radio access network" には、全二重WDM(光波長分割多重)/SCM(副搬送波多重)ファイバアクセスネットワークが開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来のOFDM伝送システムでは、光源からミリ波周波数に相当する周波数間隔を有する複数の波長光波を発生し、その光波を光分波器を用いて各波長ごとに分波する。分波された各光波に適宜信号変調を施すことにより各波長の光信号を生成し、光合成器により合波して1本の光ファイバ中に多波長の光信号を束ねている。この場合、特性のよく揃った合分波器が必要となり、かつ、各波長ごとに信号重畳用の変調器および光増幅器が必要となる。

【0006】また、上記の従来の全二重WDM/SCMファイバアクセスネットワークでは、チャンネル数に応じた複数の単一モードレーザおよびミリ波キャリア信号発生用のSSB(単側波帯)変調器を用意し、光合波器により波長多重を行って送信している。この場合、チャンネル数を増加させると、SSB変調器が多数必要になるばかりか、光合波器の特性に合わせた光波長で発光する単一モードレーザを用意しなくてはならず、コストの上昇につながる。

【0007】本発明の目的は、簡単な構成および低コストで光波長分割多重信号を発生することができる光波長分割多重信号発生装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係る光波長分割多重信号発生装置は、所定の周波数間隔を有する複数モード光を発生する第1の光源と、複数のファブリ・ペローレーザからなる第2の光源と、データ信号に基づいて複数のファブリ・ペローレーザを駆動する駆動手段と、第1の光源により発生された複数モード光を受け、複数モード光を複数対の2モード光に分波して複数のファブリ・ペローレーザにそれぞれ注入するとともに、複数のファブリ・ペローレーザの注入同期により得られた複数対の2モード光を再入力して波長分割多重化する光合分波器と、光合分波器により波長分割多重化された光信号を取り出す光出力手段とを備えたものである。

【0009】本発明に係る光波長分割多重信号発生装置においては、第1の光源により所定の周波数間隔を有する複数モード光が発生される。第1の光源により発生された複数モード光が光合分波器により複数対の2モード光に分波されて複数のファブリ・ペローレーザにそれぞれ注入される。それにより、複数のファブリ・ペローレーザにおいて注入同期が行われ、各ファブリ・ペローレーザの注入同期により波長のゆらぎのない各対の2モード光が得られる。これらの各対の2モード光が光合分波

10

20

30

40

50

器に再入力されて波長分割多重化される。

【0010】一方、データ信号に基づいて駆動手段により第2の光源の複数のファブリ・ペローレーザが駆動される。それにより、各ファブリ・ペローレーザから発生されるレーザ光が振幅変調される。そして、光合分波器により波長分割多重化された光信号が光出力手段により取り出される。

【0011】この場合、単一の光合分波器により波長分割多重が行われ、かつ変調器を用いることなく複数のファブリ・ペローレーザを直接駆動することにより変調が行われる。したがって、簡単な構成および低コストで光波長分割多重信号を発生することができる。

【0012】第1の光源は、モード同期レーザ、または単一モードレーザと外部変調器との組み合わせにより構成されてもよい。

【0013】光出力手段は、光サーキュレータからなってもよい。この場合、光合分波器に複数のファブリ・ペローレーザにより再入力されて光波長分割多重された光信号が光サーキュレータにより取り出される。

【0014】駆動手段は、複数のファブリ・ペローレーザにデータ信号をそれぞれ与える信号発生源からなってもよい。この場合、信号発生源により複数のファブリ・ペローレーザにデータ信号がそれぞれ与えられることにより、光波長分割多重された光信号が変調される。

【0015】複数モード光の周波数間隔は所定のミリ波搬送波周波数に等しくてもよい。これにより、ミリ波信号の伝送が可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光波長分割多重信号発生装置の一例として光波長多重ミリ波信号発生源について説明する。

【0017】図1は本発明の一実施の形態による光波長多重ミリ波信号発生源を用いた光伝送システムの構成を示す模式図である。

【0018】図1において、光波長多重ミリ波信号発生源10は、基準信号発生源1、多波長光発生源2、光増幅器3、複数のデータ発生源41、42、43、…、4N、複数のファブリ・ペローレーザ（以下、FPレーザと呼ぶ。）51、52、53、…、5N、光合分波器（光デマルチプレクサ）6、光サーキュレータ7および光増幅器8により構成される。ここで、Nは、2以上の正の整数である。

【0019】基準信号発生源1、多波長光発生源2および光増幅器3が光マスタユニットAを構成し、複数のファブリ・ペローレーザ51、52、53、…、5Nが光スレーブユニットBを構成する。

【0020】基準信号発生源1は、基準信号を発生する。多波長光発生源2は、モード同期レーザ、または単一モードレーザと外部変調器との組み合わせにより構成される。この多波長光発生源2は、基準信号発生源1に

より発生された基準信号に基づいて複数の波長を有する多波長光（楕円スペクトル光）を発生する。この多波長光の周波数間隔はミリ波搬送波周波数に等しく設定される。光増幅器3は、多波長光発生源2により発生された多波長光を増幅して光サーキュレータ7に出力する。

【0021】一方、データ発生源41、42、43、…、4Nは、データ信号をそれぞれ発生し、それらのデータ信号に基づいて複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nを駆動する。それにより、複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nは、データ信号に基づいて振幅変調（強度変調）されたレーザ光をそれぞれ発生する。

【0022】光サーキュレータ7は、光増幅器3により出力された多波長光を光合分波器6に inputs する。光合分波器6は、光サーキュレータ7により入力された多波長光を隣接する各2モード光に分波し、それぞれポート番号1、2、3、…、Nから複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nに注入する。それにより、複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nの注入同期により各2モード光が選択および増幅され、光合分波器6に再入力される。この場合、光合分波器6から複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nに波長のゆらぎのない2モード光を注入することにより、複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nから波長のゆらぎのない2モード光が発生される。光合分波器6において、複数の2モード光が波長分割多重化される。その結果、光サーキュレータ7により光合分波器6から波長分割多重化された光信号（光波長分割多重信号；以下、WDM信号と呼ぶ。）が取り出され、光増幅器8を介して光ファイバ11に出力される。

【0023】光ファイバ11により伝送されたWDM信号は、複数の基地局（ベースアンテナステーション）20A、20B、20Cの伝送線30に与えられる。複数の基地局20A、20B、20Cの各々は、ドロップフィルタ21、光電変換器22およびアンテナ23により構成される。

【0024】ドロップフィルタ21は、WDM信号において所定のチャンネルの周波数を有する2モードのミリ波信号を光電変換器22に与え、それ以外の周波数を有するミリ波信号を通過させる。光電変換器22は、ドロップフィルタ21から与えられた2モードのミリ波信号を電気信号に変換してアンテナ23に与える。それにより、アンテナ23から所定のチャンネルの電波が放射される。このようにして、WDM信号に含まれる2モードのミリ波信号を各基地局20A、20B、20Cに分配することができる。

【0025】本実施の形態では、基準信号発生源1および多波長光発生源2が第1の光源に相当し、複数のFPレーザ51、52、53、…、5Nが第2の光源に相当する。また、データ発生源41、42、43、…、4N

が駆動手段または信号発生源に相当し、光サーキュレータ7が光出力手段に相当する。

【0026】図2は多波長光、光合分波器の1つのポートの通過帯域およびFPレーザの間の光スペクトルの関係を示す模式図である。

【0027】図2(a)は多波長光と光合分波器6のポート番号との関係を示す。横軸の $f_1, f_2, f_3, f_4, \dots, f_{2N-1}, f_{2N}$ は多波長光発生源2により発生される多波長光の光周波数であり、破線で囲む領域が光合分波器6のポート番号1, 2, ..., Nに対応する。ここで、 $M=1, 2, \dots, N$ とすると、 $f_{2M}-f_{2M-1}$ はミリ波周波数を表す。光合分波器6により多波長光が各2モード光に分波される。

【0028】図2(b)は光合分波器6のポート番号Mでの光スペクトルを示す。光合分波器6のポート番号Mの光スペクトルがM番目のFPレーザ5Mに注入される。それにより、FPレーザ5Mにおいて2モード同期およびデータ変調が行なわれる。

【0029】図2(c)は同期および変調された2モードの光スペクトルを示す。同期および変調された2モード光が光合分波器6により合波される。

【0030】図2(d)は光波長多重ミリ波信号発生源10から出力されるWDM信号を示す。WDM信号は、変調された複数の周波数 $f_1, f_2, f_3, f_4, f_{2N-1}, \dots, f_{2N}$ の光信号を有する。

【0031】このように、光合分波器6が適切な伝送帯域幅およびチャンネル間隔を有する場合には、多波長光発生源2により発生される多波長光における各1対のモード光が光合分波器6の各ポートに伝送されて各FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nに効率的に注入される。FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nの任意の2つのモード光が光合分波器6の1つのポートに伝送された2つのモード光に一致するときに、FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nの2モード注入同期が達成される。また、各FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nにデータ信号を直接与えることにより、同期されたモード光を別個に振幅変調することができる。この場合、変調されたモード光は、光合分波器6の各ポートに戻る。

【0032】そこで、多波長光発生源2と光合分波器6との間に光サーキュレータ7を挿入することにより、変調されたモード光を有するWDM信号を得ることができる。

【0033】ほとんどのFPレーザが広い波長範囲において2モード注入同期を行うことができるので、この構成により多数のチャンネルのミリ波信号を伝送することができる。

【0034】また、FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nのモード間隔が多波長光の周波数間隔とほぼ同じになるように選択されるので、FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nのモード周波数が互いに一致する。この場

合、FPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nの安定した同期を確保するためおよびFPレーザ51, 52, 53, ..., 5Nからの光信号間でのコヒーレントな干渉を回避するために、光合分波器6において内部チャンネルのクロストークのレベルが十分に低くなる必要がある。

【0035】

【実施例】次に、実施例として2チャンネルの光波長多重ミリ波信号発生源を作製し、クロストークのレベルを測定した。図3は実施例の2チャンネルの光波長多重ミリ波信号発生源の構成を示す模式図である。

【0036】光マスタユニットAは、2つのDFB（分布帰還型）レーザ110, 120、結合器130、25GHzの基準信号発生源140、25GHz連続発振で駆動される位相変調器150および一方に光を進行させるアイソレータ160からなる。光スレーブユニットBは、モード間隔が約50GHzである2つのFPレーザ190, 200からなる。

【0037】また、3dB結合器170および0.8nmの帯域幅を有する2つの光チューナブルバンドパスフィルタ(BPF)210, 220が図1の光合分波器6および光サーキュレータ7に相当する。さらに、データD1, D2を発生するパルスパターン発生器180が図1の複数のデータ発生源41, 42, 43, ..., 4Nに相当する。

【0038】3dB結合器170から出力される同期された2対のモード光を有するWDM信号は、アイソレータ230を通してエルビウムドープファイバ増幅器（以下、EDFAと呼ぶ。）240により増幅され、16kmの長さの単一モードファイバ250を通して伝送される。

【0039】WDM信号は、減衰器260により減衰され、WDM信号から各チャンネルのミリ波信号がチューナブルバンドパスフィルタ(BPF)270により選択される。選択されたミリ波信号は、高速フォトダイオード(PD)280によりヘテロダイン検波され、ミリ波増幅器290により増幅される。ミリ波増幅器290により増幅されたミリ波信号は、包絡線検波器300により包絡線検波され、ローパスフィルタ(LPF)310によりベースバンド信号にダウンコンバートされる。それにより、再生信号が得られる。

【0040】図4は図3のEDFA240の入力におけるWDM信号の光スペクトルを示す図である。

【0041】図4において、2つのチャンネルCh1, Ch2の中心光波長は、それぞれ1550.0nmおよび1551.6nmである。すなわち、チャンネル間隔は200GHzに設定された。FPレーザ190, 200の注入電流は18.0mAおよび19.6mAであり、それらはしきい値電流よりも約1.1倍大きい。

【0042】各BPF210, 220と各FPレーザ190, 200との間のパワーは約-15dBmであっ

10

20

30

40

50

た。各BPF210, 220において、各隣接チャンネルからのクロストークは-16dB抑制された。EDFA240の入力における出力パワーは-4.6dBmであった。データ信号のビットレートは622Mb/s (PRBS²¹-1, NRZ: non-return to zero)、各FPレーザ190, 200へのデータ信号の入力パワーは-1.7dBmであった。そのため、2つのFPレーザ190, 200の安定な同期が行われた。

【0043】図5は図3のフォトダイオード(PD)において受光された光パワーとチャンネルCh1またはCh2のダウンコンバートされたNRZ信号のビットエラーレート(BER)との間の関係を示す図である。

【0044】図5に示すように、約-16dBmのパワーを伝送することにより、ビットエラーレートを10⁻⁹よりも低くすることができ、両方のチャンネルについてほとんど同じ感度が観測された。

【0045】次に、BPF210およびBPF220から誘起される内部チャンネルクロストークの影響を簡単に調査した。各隣接チャンネルからのクロストークは、BPF210およびBPF220を1対の広帯域光フィルタに変更することにより増加した。

【0046】図6(a), (b)は隣接チャンネルからのクロストークがそれぞれ-16dBおよび-8dB抑制された場合のチャンネルCh1のダウンコンバートされたNRZ信号のアイパターンを示す図である。

【0047】図6(a)に示すように、BPF210およびBPF220でのクロストークのレベルが-16dBよりも低い場合に、データ信号のエラーが少ないため、“1”と“0”との区別ができることがわかる。この場合、ビットエラーレートは、両方のチャンネルについて10⁻⁹よりも低いことが確認された。

【0048】図6(b)に示すように、クロストークが図6(a)の場合に比べて8dB増加したときには、FPレーザ190, 200からの光波の間のコヒーレントな干渉のためにダウンコンバートされたNRZ信号のパワーが変動し、データ信号のエラーのない検出は達成されなかった。

【0049】しかしながら、チャンネル間のクロストークを-20dB以下に抑制することは、商業的に利用可能な光合分波器にとって容易である。そのような光合分波器を用いると、光波長多重ミリ波信号発生源が多数の基地局へのエラーフリーな(エラーのない)データ伝送を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における光波長多重ミリ波信号発生源の構成を示す模式図である。

【図2】多波長光、光合分波器の1つのポートの通過帯域およびFPレーザの間の光スペクトルの関係を示す図である。

【図3】実施例の2チャンネルの光波長多重ミリ波信号発生源の構成を示す模式図である。

【図4】図3のEDFAの入力におけるWDM信号の光スペクトルを示す図である。

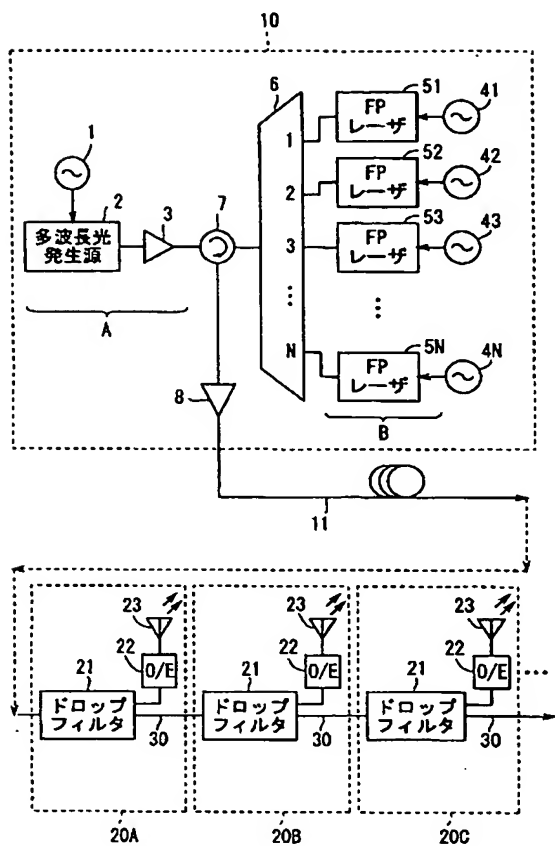
【図5】図3のフォトダイオードにおいて受光された光パワーと1つのチャンネルのダウンコンバートされたNRZ信号のビットエラーレートとの関係を示す図である。

【図6】隣接チャンネルからのクロストークがそれぞれ-16dBおよび-8dB抑制された場合の1つのチャンネルのダウンコンバートされたNRZ信号のアイパターンを示す図である。

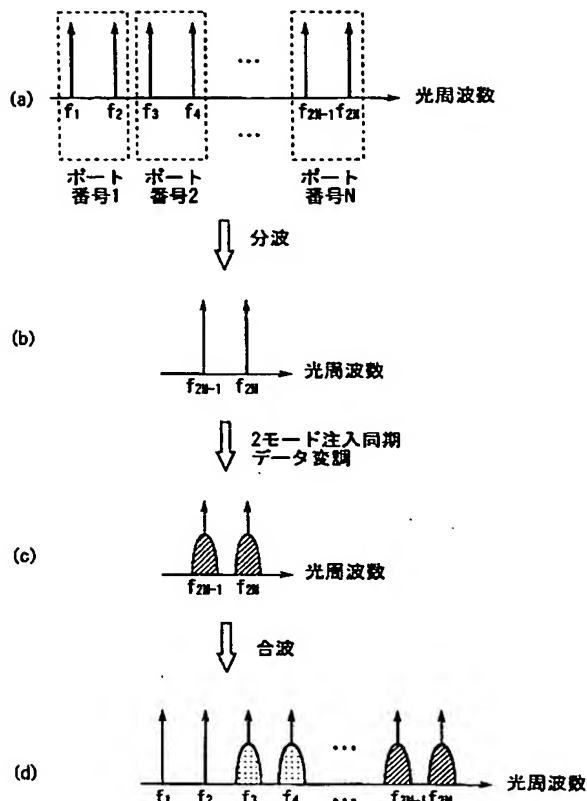
【符号の説明】

- 1 基準信号発生源
- 2 多波長光発生源
- 3, 8 光増幅器
- 6 光合分波器
- 7 光サーキュレータ
- 10 光波長多重ミリ波信号発生源
- 11, 250 光ファイバ
- 20A, 20B, 20C 基地局
- 21 ドロップフィルタ
- 22 光電変換器
- 23 アンテナ
- 41, 42, 43, 4N データ発生源
- 51, 52, 53, 5N, 190, 200 ファブリ・ペローレーザ
- 110, 120 DFBレーザ
- 130, 170 結合器
- 140 基準信号発生源
- 150 位相変調器
- 160, 230 アイソレータ
- 180 パルスパターン発生器
- 210, 220, 270 チューナブルバンドパスフィルタ
- 240 エルビウムドープファイバ増幅器
- 260 減衰器
- 280 フォトダイオード
- 290 ミリ波増幅器
- 300 包絡線検波器
- 310 ローパスフィルタ
- A 光マスタユニット
- B 光スレーブユニット

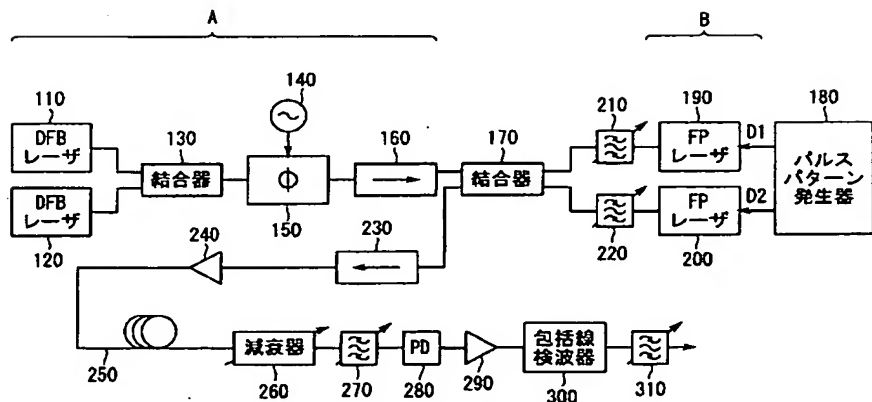
【図 1】



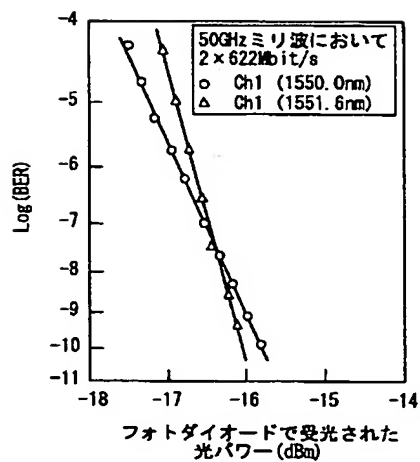
【図 2】



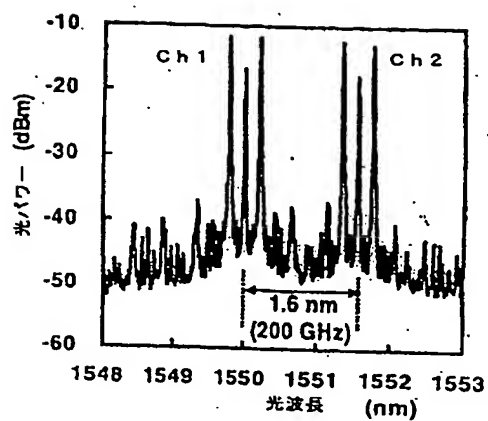
【図 3】



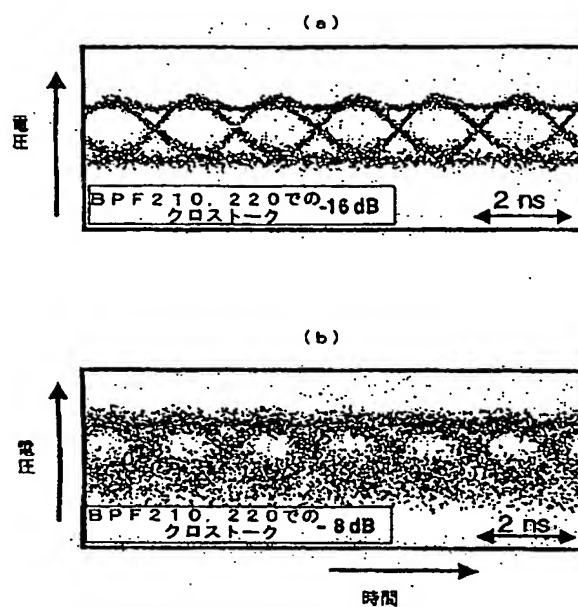
【図 5】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 稲垣 恵三
京都府相楽郡精華町光台二丁目 2 番地 2
株式会社エイ・ティ・アール環境適応通信
研究所内

F ターム(参考) 5F073 AA64 AB25 AB28 AB30 EA03
EA04 EA27 GA24 GA37
5K002 BA05 BA13 DA02